



# リアルタイムトラッキング放射線治療法の開発と臨床応用

著者	高井 良尋
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/39665">http://hdl.handle.net/10097/39665</a>

# リアルタイムトラッキング放射線治療法の開発と臨床応用

(課題番号 15390355)

平成 15 年度～平成 17 年度科学研究費補助金（基盤研究(B)） 研究成果報告書

平成 18 年 3 月

研究代表者 高 井 良 尋

(東北大学医学部教授)

## はしがき

この研究において、東北大学放射線治療科では、照射中にリアルタイムで腫瘍ないし、腫瘍内に刺入した金マーカの確認ができるようにするため、バリアン社製直線加速器ClinacEX23のガントリーに2台のX線透視装置とアモルファスシリコン平板検出器の搭載を試み、成功した。さらに、我々は、この直線加速器搭載X線透視装置を用いて、肺癌内に挿入した金マーカをリアルタイムで追跡するプログラムの開発に成功した。リアルタイムトラッキングが成功しているときには、金マーカが小さな緑色の正方形の枠に囲まれており、トラッキングに失敗すると枠が拡大し赤色に変化するようにして、容易にトラッキングの状態が確認できるようにした。トラッキングされているときのロッド型の金マーカの中心座標は、緑色の正方形枠の中心座標で与えられ、X-Y、Y-Z、Z-X 3方向で同時に表示できるようになっている。また、腫瘍の形に作ったdMLCの照射野が、仮想呼吸移動を追跡するようにしたプログラムの開発にも成功した。このリアルタイムトラッキングソフトを用いて、前立腺内に埋め込んだ金マーカ位置を照射野毎に確認、3次元座標を測定し、前立腺癌に対する強度変調照射法(Intensity Modulated Radiotherapy:IMRT)時における毎回の照射間、照射中における前立腺の動き(inter-,intrafractional organ motion)を評価した。Interfractional motionが1mm以上動いたケースは33%で、repositioningすることによりすべて1mm以内の誤差で照射が可能となった。1mm以内の位置精度で照射が可能となり、尿道周囲の線量を5%減少させる非常に高精度な放射線治療が出来るようになった。現在まで67例に対し80Gy/40回の大線量を用いたIMRTを行ったが、24例では前立腺全体に80Gy(D95)、43例では尿道周囲の線量を減じたIMRTである。急性期grade1の頻尿、排尿困難の訴えが、前者で11/24(46%)、後者では12/43(28%)と明らかに減少していた。さらに、この装置に当科において開発した能動的呼吸停止装置(Active Breathing Control:ABC)を連動させることにより、任意の呼吸位相で呼吸をとめ(停止位置の誤差は±1.5mm程度である)、その位置を透視装置で確認しながら照射することができるようになるため、極めて精度の高い肺癌に対する定位照射が可能となった。透視装置がガントリーに取り付けられていることから、治療ビームと透視装置が同じアイソセンターを持つため、回転照射や、ガントリーとベッドが種々の位置関係になる非共面ビームを用いた照射など、どのような照射法を用いようとリアルタイムで金マーカと周囲正常構造との相対位置を変化させずに容易に位置確認ができる。現在まで20名26病変の原発性、転移性肺癌に対して、臨床応用を行ったが、6例にgrade1の、1例のみにgrade2の放射線肺炎を認めたのみで、非常に安全な定位照射が可能となった。

最終年度には、我々のX線透視装置搭載治療用直線加速器をモデルに開発されたバリアン社製on-board imagerを導入することができた。

## 研究組織

研究代表者： 高 井 良 尋 （東北大学医学部）  
研究分担者： 山 田 章 吾 （東北大学大学院医学系研究科）  
研究分担者： 根 本 建 二 （東北大学大学院医学系研究科）

## 配分額

（金額単位：千円）

	直接経費	間接経費	合計
平成 15 年度	6,100	0	6,100
平成 16 年度	3,600	0	3,600
平成 17 年度	3,900	0	3,900
総 計	13,600	0	13,600

## 研究発表

### （1）学会誌等

1. 高井良尋、三津谷正俊、根本建二 他 体幹部小病巣に対するボディフレームレス簡易定位照射法 日医放会誌 61: 403-407, 2001
2. Takai Y, Mitsuya M, Nemoto K et al. Development of a new linear accelerator mounted with dual fluoroscopy using amorphous silicon flat panel X-ray sensors to detect a gold seed in a tumor at real treatment position. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 51:381, 2001
3. 高井良尋 定位放射線治療の基礎と肺癌治療における実際 現代医療 34:103-109, 2002
4. Takai Y, Mitsuya M, Nemoto K et al. Development of real-time tumor tracking system with dmlc with dual X-ray fluoroscopy and amorphous silicon flat panel on the gantry of linear accelerator. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 54:193-194, 2002
5. 高井良尋、三津谷正俊、小川芳弘、根本建二、山田章吾. X線透視装置搭載ライナック連動呼吸抑制装置を用いた超高精度自動照射法の研究 INNERVISION 18:27, 2003
6. Wada H, Takai Y, Nemoto K, Yamada S. Univariate analysis of factors correlated with tumor control probability of three-dimensional conformal hypofractionated high-dose radiotherapy for small pulmonary or hepatic tumors. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 58:1114-20, 2004
7. Takai Y. Image-guided radiotherapy –current and future state- Proceedings of 10<sup>th</sup> Varian European Users Meeting. 8-14, 2004
8. Takai Y, Mitsuya M, Yamada S et al. Development of a dual kV X-ray on-board imager for patient setup and dynamic tumor tracking. Proceedings of 10<sup>th</sup> Varian European Users Meeting.15-19, 2004

9. Takai Y, Britton KR, Koto M et al. Clinical feasibility of newly developed dual kV X-ray on-board imager: IMRT for prostate cancer and SRT for early lung cancer. Proceedings of 10<sup>th</sup> Varian European Users Meeting, 82-92, 2004
10. 高井良尋、小藤昌志、根本建二、小川芳弘、山田章吾. 定位放射線療法の適応と長期予後. 治療学 38:671-675, 2004
11. Britton KR, Takai Y, Mitsuya M, Nemoto K, Ogawa Y, Yamada S. Evaluation of inter- and intrafraction organ motion during intensity modulated radiation therapy (IMRT) for localized prostate cancer measured by a newly developed on-board image-guided system. Radiat Med. 23:14-24, 2005

## (2) 口頭発表

1. Y. Takai, M. Mitsuya, K. Nemoto, Y. Ogawa, H. Ariga, K. Takeda, C. Takahashi, S. Yamada, H. Mostafavi, M. Marc et al. Development of real-time tumor tracking system with dMLC with dual X-ray fluoroscopy and amorphous silicon flat panel on the gantry of linear accelerator. 44<sup>th</sup> annual meeting of American Society for Therapeutic Radiology and Oncology, October 6-10, 2002, New Orleans, USA
2. Y. Takai, M. Mitsuya, Yamada, H. Mostafavi, M. Marc, C. Van Antwerp, S. Mansfield Development of real-time tumor tracking system with dMLC using dual X-ray fluoroscopy and amorphous silicon flat panel on the gantry of linear accelerator. 6<sup>th</sup> international stereotactic radiosurgery society congress. Kyoto, 6/22-26, 2003
3. Y. Takai. Development of real-time tumor tracking system with dMLC using dual X-ray fluoroscopy and amorphous silicon flat panel on the gantry of linear accelerator Image Guided Radiotherapy, 9/12-13, 2003, Lake Tahoe, USA (invited)
4. Y. Takai, T. Kaneta, T. Hakamazuka, K. Nemoto, Y. Ogawa, R. Iwata Y. and S. Yamada Imaging of Hypoxic cells---Tumor, Ischemic Myocardium and Brain--- 3<sup>rd</sup> Japan-USA cancer treatment symposium Kyoto, 10/2-4, 2003 (invited)
5. Y. Takai. Development of Dual X-ray Fluoroscopy and Amorphous Silicon Flat Panel System on the Gantry of Linear Accelerator for Setup of the Patient and Dynamic Tracking of Tumor in the future. Research Partners Symposium of Varian Medical System January 29-30 2004, Orlando USA (invited)
6. Y. Takai. Keynote Address: I ) Image-guided radiotherapy – current and future state II ) Development of dual kV-Xray on-board imager. 10th Varian European Users Meeting, May 6-8 2004, Malaga, Spain (invited)
7. Y. Takai K. R. Britton, M. Koto, K. Nemoto, Y. Ogawa, M. Mitsuya, S. Yamada Clinical feasibility of newly developed dual kV-Xray on-board imager: IMRT for prostate cancer and SRT for early lung cancer. 10th Varian European Users Meeting, May 6-8 2004,

Malaga, Spain (invited)

8. Y. Takai, Y. Ogawa, S. Yamada. I ) Image-guided radiotherapy – present and future (Development of dual kV-Xray on-board imager for IGRT) II ) Image-guided stereotactic radiotherapy for early stage lung cancer (Initial clinical data of SRT for early stage lung cancer in Japan). Tohoku-Panama Symposium for Radiation Oncology 2004 (TOPS 2004), August 12 2004, Panama (invited)
9. KR. Britton, Y.Takai, M. Mitsuya, K.Nemoto, Y. Ogawa, S. Yamada. Field-based verified IMRT for prostate cancer using a newly developed dual kilovoltage on-board imager-evaluation of inter/intra-fraction motion and early clinical outcomes. 46<sup>th</sup> annual meeting of American Society for Therapeutic Radiology and Oncology, October 3-7, 2004, Atlanta, USA,
10. Y. Takai K. R. Britton, M. Koto, K. Nemoto, Y. Ogawa, M. Mitsuya, S. Yamada. Two kV Xray on-board image guided radiotherapy. 1. SRT for lung cancer 2. IMRT for prostate cancer. The 4th S.Takahashi Memorial Workshop on 3D-CRT IMRT Nagoya, December 10-12, 2004
11. Y. Takai, M. Mitsuya, M. Koto, K. Britton, Y. Ogawa, K. Nemoto, S. Yamada. Image-guided radiotherapy of SRT for lung cancer using two kV X-ray on-board imager combined with active breathing control system. CRILA(南米放射線腫瘍学会) March 30-April 1, 2005, Lima, Peru

本報告書収録の学術雑誌等発表論文は本ファイルに登録しておりません。なお、このうち東北大学在籍の研究者の論文で、かつ、出版社等から著作権の許諾が得られた論文は、個別に **TOUR** に登録しております。